

A talaj könnyen oldható P-tartalmának meghatározására használt kivonószerek vizsgálata

II. Az AL-, DL-, CAL-, Bray I-, NaHCO_3 -os, $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ -os és CaCl_2 -os kivonószerek oldott P és a szervesetlen foszfátfrakciók korrelációja

FÜLEKY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Korábbi munkámban [5] közvetlen oldásos módszerrel vizsgáltam meg, hogy az egyes kivonószerek mely szervesetlen foszfátfrakciók foszfortartalmát oldják, és miként befolyásolja az oldódás mértékét a talaj P-trágyázottsága és CaCO_3 tartalma. Megállapítottam, hogy P-val nem trágyázott talajok esetében elsősorban a kivonószerek jellegének megfelelő forma oldódik, így laktátos kivonószerekben főleg a Ca-foszfátok, lúgos kivonószerekben pedig kisebb mértékben az Al- és Fe-foszfátok oldódnak. P-ral trágyázott karbonátos talajokból a kivonószertől függetlenül a fentiek mellett a gyengén kötött foszfátok és a könnyen oldható Ca-, valamint az Al-foszfátok (a Chang—Jackson-féle I és II frakció), nem karbonátos talajokból pedig a könnyen oldható Ca- és az Al-foszfátok, valamint a Fe-foszfát (a Chang—Jackson-féle II és III frakció) oldódik. A vizsgálataim során kapott eredmények jól egyeztek az irodalomban közltekkel.

A jelen dolgozatban alkalmazott közvetett, korrelációs számításra alapuló eljárás segítségével is hasonló kép alakult ki a kivonószerek foszfátoldó képességéről. Az Olsen féle NaHCO_3 oldatban oldódó foszfor a szerzők többsége szerint az Al-foszfát mennyiségével volt szoros összefüggésben [2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 15, 17, 18, 19, 21,]. Ezt nemcsak savanyú talajok esetében tapasztalták, hanem karbonátos talajoknál is [15, 17, 18]. A fenti kivonószerekben oldódó P másodszorban — némely esetben elsősorban — a Fe-foszfát mennyiségével volt szoros összefüggésben [2, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 18, 19, 21]. Karbonátos talajokon gyakran tapasztalták, hogy a NaHCO_3 -ban oldódó P szoros összefüggésben volt az I frakció mennyiségével (10, 13, 15, 17), és általában nem, vagy csak laza kapcsolat volt mind a karbonátos, mind a nem karbonátos talajokon a nehezen oldható Ca-foszfát mennyiségével, annak ellenére, hogy több esetben is ez a P-vegyület volt az illető talajban az uralkodó [7, 10, 12, 15, 17, 18, 19, 21].

A Bray féle I kivonószerekben ($\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$) oldott foszfor is a legtöbb talajon az Al-foszfát mennyiségével mutatott szoros összefüggést [2, 3, 6, 8, 11,

12, 13, 15, 17, 18, 19, 21]. Emellett savanyú talajokon a Fe-foszfát mennyiségével találtak összefüggést [6, 8, 11, 12, 18, 19], különösen ha korábban P-trágyázás történt [11].

Karbonátos talajok esetében néha az I frakcióban levő P mennyiségével is szoros összefüggést mutatott [12, 15, 17] a fenti kivonószerben oldott P. Ez elsősorban a fluorid ionok foszfáthelyettesítő képességének a következménye. Emellett néha megmutatkozott, hogy a Bray I oldat savas kémhatású, ugyanis az általa oldott P mennyisége összefüggésben volt a nehezen oldható Ca-foszfát mennyiségével is, ami tipikusan a savas kivonószerek jellemzője [18, 19]. Ennek ellenkezőjére is van számos hivatkozás, eszerint a Bray I kivonószerrel oldott P nem volt összefüggésben a Ca-foszfát mennyiségével, amit viszont legtöbbször a rövid rázatási idővel magyaráztak [6, 12, 13, 15, 21]. Ez utóbbi frakció P-tartalma és a kivonószer által oldott P mennyisége között negatív összefüggést is megfigyeltek [10].

Az AL-oldható P GRIGG [6] szerint az Al-foszfát és a nehezen oldható Ca-foszfát mennyiségével volt szoros összefüggésben. Szerinte az AL oldószer képes áthidalni azt a két szélsőséget, hogy túl sok Ca-foszfátot old, mint a savas és nem pufferolt kivonószerek, és azt, hogy egyáltalán nem oldja ezt a formát, mint az Olsen féle NaHCO_3 -os és a Bray féle I kivonószer. Szerinte azokban a talajokban, ahol nagy mennyiségű Ca-foszfát van jelen a kis oldhatóság ellenére ez a vegyület fontos P-forrásként szerepelhet a növények számára. BUCHER [1] azt tapasztalta, hogy a nehezen oldható foszfátműtrágyák felvehetőségét elsősorban a vizes és az Olsen féle NaHCO_3 -os kivonószer mutatta jól. A laktátos kivonószerek közül az ammóniumlaktát (AL) és a kettős laktát (DL) erősen, a kalcium-ammóniumlaktát (CAL) pedig gyengébben oldotta a foszfátokat. Mások tapasztalata szerint [19, 20] a kettős laktát oldat a savanyú kémhatású kivonószerek hibájával rendelkezik, vagyis túl sokat old az Al-foszfátok mellett a nehezen oldható Ca-foszfát vegyületekből, ahová pedig éppen a növények számára nem felvehető, nehezen oldható műtrágya-P is beépült. A kalcium-ammóniumlaktát valamivel kevesebbet oldott a nehezen oldható Ca-foszfátokból, mint a kettős laktát. Ebből azt állapították meg, hogy a CAL módszer jobb képet nyújt a ténylegesen felvehető P mennyiségéről, mint a DL módszer.

A CaCl_2 -ban oldódó P MATT [12] tapasztalata szerint savanyú talajok esetében volt jó összefüggésben az I frakció mennyiségével.

Jelen dolgozatom célja az, hogy a kivonószerekkel oldott P és az egyes foszfátfrakciók mennyisége, valamint az egyes kivonószerekkel oldott P mennyiségek között, külön karbonátos és nem karbonátos talajokra, valamint az összes vizsgált talajra együtt, korrelációs számítással meghatározzam a lineáris összefüggés mértékét és az összefüggés jellemzőit.

Anyagok és módszerek

Vizsgálataimhoz a korábbi dolgozatomban [5] feltüntetett talajokat használtam. A talajok többéves tartamkísérletek P-ral trágyázott és P-ral nem trágyázott parcelláiról származtak. A talajok szervesetlen foszfátfrakcióinak és a kivonószeres oldások értékeit, valamint néhány talajjellemzőt a fenti dolgozat tartalmazza [5].

A közvetett, korrelációs számításra alapuló eljárást a következőképpen hajtottam végre: Az egyes talajokban meghatároztam az AL-, DL-, CAL-, Bray I-, az Olsen féle-, a módosított Olsen féle- és a CaCl_2 -os kivonószerekben oldható foszfortartalmat, és ettől függetlenül a Chang—Jackson féle szervesetlen foszfátfrakciók mennyiségét. Az így nyert értékek között külön a karbonátos és nem karbonátos talajokra lineáris korrelációs számítással határoztam meg az összefüggés szorosságát és jellemzőit, vagyis az r , a és b értékeket és e paraméterek szignifikanciáját.

Eredmények

Az AL kivonószert által oldott P-mennyiségek az I frakció P-tartalmával mind a karbonátos, mind a nem karbonátos talajokon 0,1%-os valószínűségi szinten szignifikáns összefüggést mutatnak (1. ábra és 1. táblázat). Az 1. ábrán láthatjuk, hogy a pontok nagy része a nem karbonátos talajok egyenes mentén helyezkedik el, négy ponttól eltekintve. Ez utóbbiak karbonátos homok és öntéstalajok, az abszcissza 8-, illetve 17 ppm-értékénél helyezkednek el. Az 1/I. ábra bemutatja, hogy az I frakció P-tartalma P-trágyázás hatására sokkal nagyobb mértékben növekedik karbonátos, mint nem karbonátos talajokon. A II frakció foszfortartalma nem karbonátos talajokon 0,1, karbonátos talajokon pedig 5%-os valószínűségi szinten mutatott szignifikáns összefüggést az AL-oldható P-tartalommal (1/II. ábra). A III frakcióban mért foszfor mennyiségével — érdekes módon — külön egyik talajcsoport esetében sem adódott szignifikáns összefüggése az AL-oldható P-tartalomnak (1. táblázat), ellenben 5%-os valószínűségi szinten szignifikáns, igen laza összefüggés volt az összes talaj esetében (1/III. ábra). A negatív összefüggés várható volt a III frakció mennyisége és a talaj kémhatása közötti összefüggés ismeretében [4]. A várározással ellentétben a IV frakció mennyisége és az AL-oldható P-tartalom között csak nagyon laza ($r = 0,39$) összefüggést sikerült kimutatni (1/IV. ábra), pedig az AL oldat közismerten jelentős mennyiséget old a IV frakció P-tartalmából [5]. A laza összefüggés ellenére sincs azonban ellentmondás a korábbiakkal, csupán arról van szó, hogy az AL-oldható P tartalom változása nem követi szorosan a IV frakció mennyiségében mutatkozó különbségeket.

A DL-oldható P mennyisége mind karbonátos, mind nem karbonátos talajokon szoros összefüggést mutat az I frakcióban mért foszfor mennyiségével (1. táblázat). A II frakció és a DL-oldható P mennyisége között is szoros összefüggés van, ezenkívül karbonátos talajok esetében az összefüggés lazább.

A CAL-oldható P és az I, valamint II frakció mennyiségének kapcsolata arról ugyanez mondható el, mint amit az előző két laktátos kivonószernél megismertünk. A három laktátos kivonószert tehát első közelítésben azonosan viselkedik. Mindhárom esetben igaz, hogy karbonátos talajok esetében az I frakció mennyiségével, nem karbonátos talajoknál pedig a II frakció mennyiségével van a laktát tartalmú kivonószerek által oldott P mennyiségeknek valamivel szorosabb összefüggése. A CAL-oldható P-tartalomnak sem a III, sem a IV frakció mennyiségével nincs bizonyított összefüggése. Ez utóbbi megállapítás is közelítőleg igaz mind a három laktátos kivonószere. Az AL kivonószert csupán annyiban kivétel, hogy lévén a három közül a legerélyesebb oldószer, nagyon gyenge kapcsolat mutatható ki az általa oldott P-mennyiségek és a III, illetve IV frakció P-tartalma között.

1. táblázat

A konvencionális kivonószerekben oldható P és a szervesetlen foszfátfrakciók mennyisége közötti korreláció (r értékek)

(1) Kivonószer	(2) Frakciók					
	I			II		
	1	2	12	1	2	12
ammóniumlaktát (AL)	0,86***	0,98***	—	0,94***	0,65*	—
kettőslaktát (DL)	0,88***	0,92***	—	0,93***	0,78**	—
kalc. ammóniumlaktát (CAL)	0,91***	0,98***	—	0,95***	0,69*	—
NH ₄ F + HCl	0,91***	0,19	—	0,98***	0,80**	—
NaHCO ₃	0,92***	0,95***	—	0,97***	0,81**	0,83***
NaHCO ₃ + NH ₄ F	0,85***	0,93***	—	0,97***	0,81**	—
CaCl ₂	0,73**	0,99***	—	0,80***	0,63*	—

(1) Kivonószer	(2) Frakciók					
	III			IV		
	1	2	12	1	2	12
ammóniumlaktát (AL)	0,35	0,29	—0,44*	0,18	0,20	0,39+
kettőslaktát (DL)	0,35	0,10	—	0,13	0,48	—
kalc. ammóniumlaktát (CAL)	0,45	0,23	—	0,02	0,26	—
NH ₄ F + HCl	0,45	0,28	0,55**	0,12	0,41	—
NaHCO ₃	0,51+	0,13	—	0	0,25	—
NaHCO ₃ + NH ₄ F	0,71**	0,12	—	0,18	0,19	—
CaCl ₂	0,24	0,23	—	0,44	0,24	—

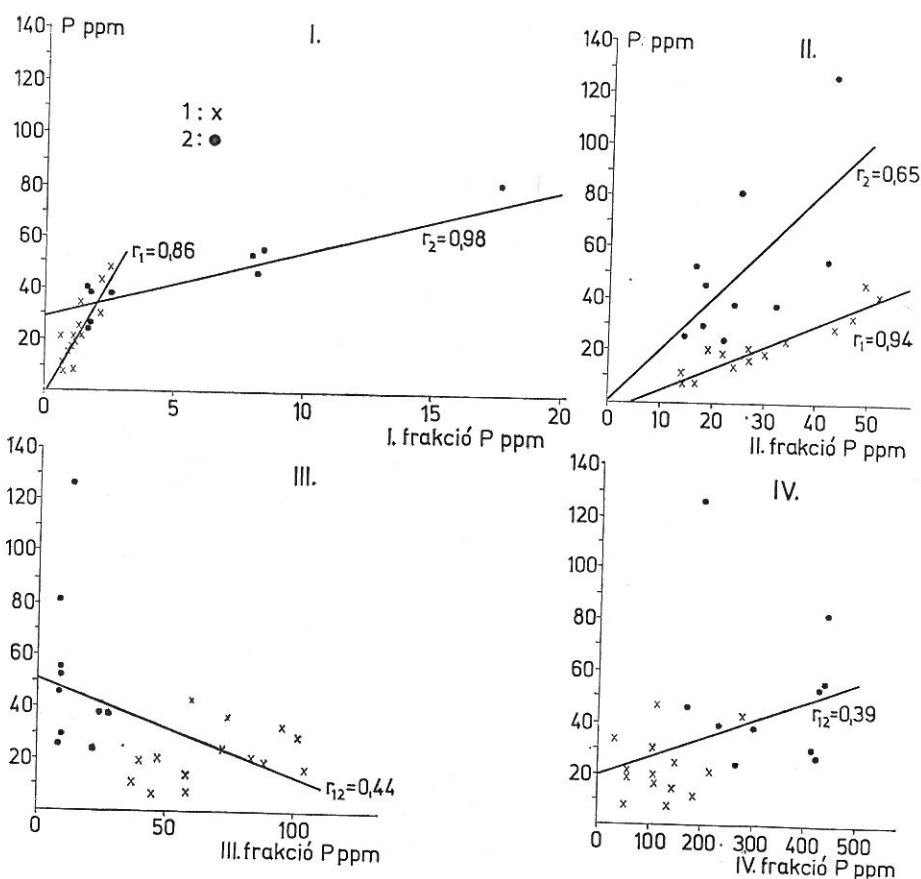
+ = 10 %-os, * = 5 %-os, ** = 1 %-os, *** = 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikáns
 1 = nem karbonátos talajok (n = 14), 2 = karbonátos talajok (n = 10), 12 = összes talaj (n = 24)

A Bray féle I kivonószerben oldott P nem karbonátos talajokon az I frakcióban mért foszfor mennyiségével szoros összefüggést mutat (1. táblázat), illetve karbonátos talajokon egyáltalában nincs összefüggés. Ennek elsődleges oka az, hogy a Bray I kivonószer karbonátos talajokon többé-kevésbé semlegesítődik és elveszti oldóképeségének egy részét. A kivonószert gyenge puffertkapacitása nem teszi alkalmassá karbonátos talajok P ellátottságának meghatározására. A Bray I kivonószerben oldódó P és a II frakció foszfortartalma között nem karbonátos talajokon nagyon szoros ($r = 0,98$), karbonátos talajokon pedig szoros összefüggést tapasztaltam. Ez utóbbi tény egybevág a közvetlen oldásos módszerrel nyert eredményeimmel, miszerint a Bray I oldószer karbonátos talajokon kevesebbet old ebben a frakcióban. A III frakció mennyisége és a kivonószerekkel oldott P mennyiség között csupán az összes talajt figyelembe véve adódott összefüggés (1. táblázat).

Az Olsen féle kivonószerben oldódó P és az I frakció foszfortartalma között a laktátos módszereknél megismert szoros összefüggést találtam (1. táblázat). A II frakcióban mért foszfor mennyisége és a NaHCO₃ oldatban oldódott P mennyisége között nem karbonátos talajoknál nagyon szoros ($r = 0,97$), karbonátos talajoknál szoros volt az összefüggés ($r = 0,81$). Emellett azonban az összes vizsgált talajra érvényes szoros összefüggés ($r = 0,83$) is kimutatható (2. ábra). A különböző kivonószerekben oldott P-mennyiség és a II frakció P

tartalma közötti összefüggések közül ez az egyetlen eset, amikor az összes talajra érvényes összefüggés szignifikáns. Ez azt mutatja, hogy a II frakció mennyisége és az Olsen féle kivonószorban oldódott P között a talaj CaCO_3 tartalmától is viszonylag független, szoros összefüggés van. Ennek magyarázata abban keresendő, hogy az Olsen féle NaHCO_3 oldat karbonátos talajokon kevésbé old nehezen oldható Ca-foszfátokat. Nem karbonátos talajoknál sikerült nagyon gyenge összefüggést kimutatni az Olsen féle kivonószorban oldódó P és a III frakció foszfor mennyisége között.

A módosított Olsen féle kivonószorban oldódó P az I frakció mennyiségével mind karbonátos, mind nem karbonátos talajokon szoros összefüggésben van. Az összefüggés mértéke és jellege nagyon hasonló a laktátos kivonószoroknál leírtakhoz. A II frakció mennyiségével a módosított Olsen féle kivonószorral kapott P értékek karbonátos talajokon szoros ($r = 0,81$), nem karbonátos talajokon nagyon szoros ($r = 0,97$) összefüggést mutatnak. A III frakció



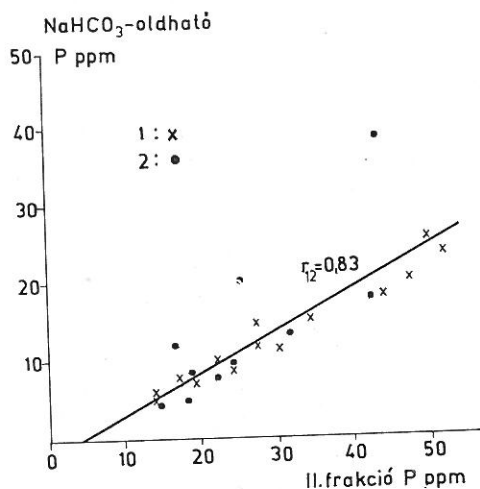
1. ábra

A szervetlen foszfátfrakciók (I–IV) és az AL-oldható P összefüggése. Vízszintes tengely: I, II, III ill. IV frakció. Függőleges tengely: AL-oldható P. 1. Nem karbonátos talajok. 2. Karbonátos talajok. 12. Összes talaj

mennyisége nem karbonátos talajok esetében szoros összefüggésben van a kivonószerez oldott P mennyiségével. Ez a kivonószerez jellegéből adódik és megegyezik a közvetlen kioldásos módszerrel kapott ismereteinkkel.

A CaCl_2 oldattal kivont P az I frakció foszfor mennyiségével mind a karbonátos, mind a nem karbonátos talajokon szoros, a II frakció foszfortartalmával nem karbonátos talajoknál nagyon szoros, karbonátos talajoknál valamivel lazább összefüggésben volt.

A korrelációs számítás lehetőséget adott arra, hogy ne csak a szervetlen foszfátvegyületek és a kivonószerezekben oldott P mennyiségek kapcsolatát vizsgáljam meg, hanem arra is, hogy az adott mintaanyagon ($n = 24$) megnézzem az egyes kivonószerezekben oldott P mennyiségek közötti összefüggést karbonátos és nem karbonátos talajokon külön, és ahol erre lehetőség adódott, ott az összes vizsgált talaj esetében is. Az ezzel kapcsolatos adatokat a 2. táblázat mutatja.



2. ábra

A II frakció és a NaHCO_3 -oldható P összefüggése. Vízszintes tengely: II frakció. Függőleges tengely: NaHCO_3 -oldható P (jelzéseket lásd 1. ábra)

Az AL-oldható P az összes többi kivonószerezben oldható P-ral szoros összefüggést mutat, kivéve a Bray I kivonószerezben oldható P mennyiségét. Ez utóbbinak karbonátos talajokon nincs egyetlen más kivonószerez által oldott P-ral sem igazolt összefüggése. A 3. ábra az AL-oldható P és a DL-oldható P közötti összefüggést mutatja be az összes talaj esetében. Az egyenes meredeksége arra utal, hogy az AL-oldat általában több foszfort old a talajokból, mint a DL-oldat. Látható, hogy az egyenesre csupán a két 20% CaCO_3 tartalmú talaj nem illeszkedik. Ezekben az esetekben a nagy CaCO_3 tartalom akadályozza a DL oldat P-oldását. Az AL-oldható P az Olsen féle kivonószerezben oldható P mennyiségével is szoros összefüggésben van, a két talajcsoport esetében kb. azonos szoros az összefüggés. Az összefüggés az összes talajra érvényes közös egyenessel nem írható le (4. ábra), feltehetően az AL kivonószerez karbonát-

2. táblázat
A konvencionális kivonószerekben oldódó P-mennyiségek korrelációja (r értékek)

(1) Kivonószér	(2) Kettőslaktát (DL)			(3) Kalcium-ammóniumlaktát (CAL)			NH ₄ F+HCl		
	1	2	12	1	2	12	1	2	12
Ammóniumlaktát (AL)	0,99***	0,89***	0,93***	0,97***	0,99***	—	0,97***	0,20	—
Kettőslaktát (DL)				0,98***	0,92***	0,95***	0,98***	0,53	—
Kalcium-ammóniumlaktát (CAL)							0,98***	0,27	—
NH ₄ F+HCl									
NaHCO ₃									
NaHCO ₃ +NH ₄ F									

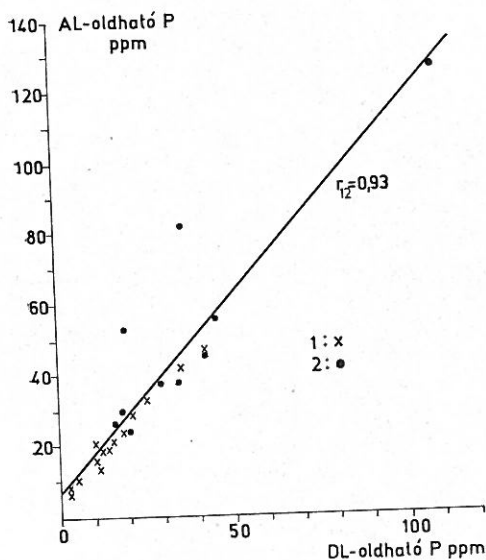
(1) Kivonószér	NaHCO ₃			NaHCO ₃ +NH ₄ F			CaCl ₂		
	1	2	12	1	2	12	1	2	12
Ammóniumlaktát (AL)	0,95***	0,96***	—	0,88***	0,90***	—	0,87***	0,98***	—
Kettőslaktát (DL)	0,97***	0,93***	—	0,89***	0,89***	—	0,82***	0,89***	0,89***
Kalcium-ammóniumlaktát (CAL)	0,99***	0,98***	—	0,94***	0,97***	—	0,83***	0,98***	0,95***
NH ₄ F+HCl	0,99***	0,39	—	0,94***	0,38	—	0,85***	0,18	—
NaHCO ₃				0,96***	0,99***	—	0,80***	0,95***	—
NaHCO ₃ +NH ₄ F							0,72***	0,94***	—

* = 5%-os, ** = 1%-os, *** = 0,1%-os valószínűségi szinten szignifikáns.

1 = nem karbonátos talajok (n = 14) 2 = karbonátos talajok (n = 10) 12 = összes talaj (n = 24).

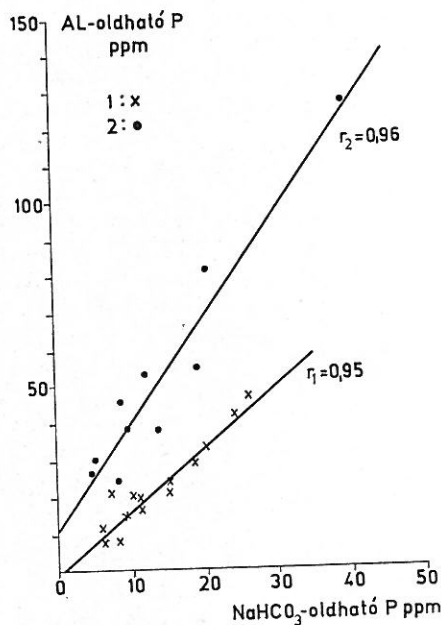
tos talajokon bekövetkező viselkedése miatt. Ebből az összefüggésből azt a fontos gyakorlati következtetést is le lehet vonni, hogy ha a két módszer határértékeit össze akarjuk vetni, akkor feltétlenül tekintetbe kell venni a talaj CaCO_3 tartalmát.

A többi kivonószerezrel oldott P mennyiség között általában szoros összefüggés mutatható ki.



3. ábra

A DL- és AL-oldható P közötti összefüggés. Vízszintes tengely: DL-oldható P. Függőleges tengely: AL-oldható P (jelzéseket lásd 1. ábra)



4. ábra

A NaHCO_3 - és AL-oldható P közötti összefüggése. Vízszintes tengely: NaHCO_3 -oldható P. Függőleges tengely: AL-oldható P (jelzéseket lásd 1. ábra)

Értékelés

A korrelációs számítás arra adott lehetőséget, hogy közvetett úton nézzük meg, hogy milyen szervesetlen foszforvegyületeket részesítenek előnyben az egyes kivonószerek az oldás során. Vizsgálataimból azt a választ kaptam, hogy a legtöbb kivonószerekben oldott P-mennyiség az I és II frakció foszfortartalmával mutat szoros összefüggést. Ez nyilván abból adódott, hogy a talajok legtöbbjénél elsősorban e két frakcióban mutatkozott meg a P-trágyázás hatása, és a kivonószerekben oldott P mennyiségek is tükrözték e változást. Megmutatkozott a karbonátos és nem karbonátos talajok között korábban tapasztalt különbség is, mivel a karbonátos talajokon a kivonószerek elsősorban az I, nem karbonátos talajokon pedig a II frakció foszfortartalmával voltak szorosabb összefüggésben. A viszonylag kis számú vizsgált talaj következtében a talajokat nem tudtam P-ral trágyázott és P-ral nem trágyázottakra bontani

a matematikai értékelés során, ezért a P-trágyázás hatását közvetlenül nem tudtam adatokkal bizonyítani. Az irodalom szerint szoros kapcsolatnak kellene lenni a lúgos kivonószerekben oldott P és az Fe-foszfát frakció mennyisége között. A korrelációs számítás azonban csupán gyenge kapcsolatot mutatott ki és csupán nem karbonátos talajokon. Nyilvánvaló, hogy jóval szorosabb lett volna a korreláció mértéke, ha a P-ral trágyázott, P-ral nem trágyázott csoportosítást be tudtam volna vezetni, mint azt a közvetlen kioldások eljárás során tettem.

A közvetlen oldással kapott eredményeket összevetve az itt bemutatottakkal, jól látszik, hogy a talaj CaCO_3 tartalmának jelentős hatása van az egyes kivonószerek által oldatba vitt P mennyiségére. A talaj CaCO_3 tartalma egyrészt közvetett módon, a talaj szervesetlen foszforvegyületeinek eloszlását befolyásolva, másrészt közvetlenül, az egyes kivonószerek oldóképességének csökkentésével hat (Bray I kivonószert, DL-oldat) a könnyen oldható foszfortartalom meghatározása során. Ezekből következik, hogy a legtöbb esetben a kivonószerek másképpen viselkednek karbonátos és nem karbonátos talajokon. Bizonyos körülmények között a kivonószerek bármelyike alkalmas lehet a talaj P-készletének vizsgálatára. Kivételt képez az az eset, amikor a kivonószert oldóképessége a talaj tulajdonságaitól jelentősen függ. Így például ismert, hogy karbonátos talajon nem használható a Bray I kivonószert, és 5–10% CaCO_3 tartalom felett [16] pedig a DL-oldat sem. Egyébként bármely kivonószert bármely talajon használható megfelelő növénykísérlettel történő kalibrálás után. Amint egy kivonószert kiválasztottunk, akkor a megfelelő határértékek megállapításánál figyelembe kell venni azokat a talajtulajdonságokat, amelyek jelentősen befolyásolják a kivonószert oldóképességét. Vizsgálataim szerint a talaj CaCO_3 tartalma nemcsak a jelenleg szabvány AL-kivonószernél okoz jelentős eltéréseket, hanem például az Olsen féle kivonószernél is. Ez utóbbinak azonban az az előnye, hogy az AL-hez képest kevésbé befolyásolja az oldódó P mennyiségét a talaj CaCO_3 tartalma.

Összefoglalás

Közvetett úton, korrelációs számítás segítségével vizsgáltam meg, hogy mely szervesetlen foszfátvegyületeket részesítenek előnyben az egyes kivonószerek az oldás során.

A legtöbb kivonószertben oldott P az I és II frakcióban mért foszfor mennyiségével, vagyis az adszorbeált, valamint a gyengén kötött Ca-foszfátok és az AL-foszfátok mennyiségével mutatott szoros összefüggést. Ez nyilván abból adódott, hogy a P-trágyázás hatása a talajok többségénél e két frakcióban mutatkozott meg, és a kivonószerekben oldódott P mennyiségek tükrözték ezt a hatást. Megmutatkozott a karbonátos és nem karbonátos talajok közötti különbség is, mivel karbonátos talajokon a kivonószerekben oldódott P elsősorban az I, nem karbonátos talajokon pedig a II frakcióban mért foszfor mennyiségével volt szorosabb összefüggésben. A talaj CaCO_3 tartalma egyrészt közvetett módon, a talaj szervesetlen foszfátvegyületeinek eloszlását befolyásolva, másrészt közvetlenül, az egyes kivonószerek oldóképességének csökkentésével hat. Ezekből az következik, hogy a legtöbb esetben a kivonószerek másképpen viselkednek karbonátos és nem karbonátos talajokon, de bizonyos

körülmények között a kivonószerek bármelyike alkalmas lehet a talaj P ellátottságának bemutatására. Ezt bizonyítják a különböző kivonószerek által oldott P mennyiségek szoros korrelációi.

Irodalom

- [1] BUCHER, R.: Der Einfluss verschiedener Düngerphosphate und des Bodenkarbonatgehalts auf die Ergebnisse verschiedener Extraktionsverfahren zur Ermittlung der wirksamen P-Vorräte im Boden. Landw. Forschung 25/I Sonderheft 113-127. 1970.
- [2] CHANG, S. C. & JUO, S. R.: Available phosphorus in relation to forms of phosphates in soils. Soil Sci. 95. 91-96. 1963.
- [3] CHOLITKUL, W. & TYNER, E. H.: Inorganic phosphorus fractions and their relation to some chemical indices of phosphate availability for some lowland rice soils of Thailand. Proc. Int. Symp. Soil Fert. Eval. New-Delhi. 1971.
- [4] FÜLEKY, GY.: A talaj foszforállapotának változása tartamkísérletben, II. Agrokémia és Talajtan 24. 29-45. 1975.
- [5] FÜLEKY, GY.: A talaj könnyen oldható P-tartalmának meghatározására használt kivonószerek foszforkioldó képességének vizsgálata. I. Az AL-, DL-, CAL-, Bray I-, NaHCO_3 -os, $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ -os és CaCl_2 -os kivonószerek vizsgálata közvetlen kioldással. Agrokémia és Talajtan 25. 271-283. 1976.
- [6] GRIGG, J. L.: Inorganic phosphorus fractions in South Island soils and their solubility in commonly used extracting solutions. New Z. J. Agric. Res. 8. 313-326. 1965.
- [7] GRIGG, J. L.: Changes in forms of inorganic phosphorus in Lismore stony silt-loam due to application of superphosphate to pasture. New Z. J. Agric. Res. 9. 182-190. 1966.
- [8] GRIGG, J. L.: Prediction of plant response to fertilizers by means of soil tests. II. Correlation between soil phosphate tests and phosphate responses of ryegrass grown in pot experiments on recent, gley recent, and gley soils. New Z. J. Agric. Res. 11. 345-358. 1968.
- [9] GUPTA, R. K. et al.: Fate of native and applied P under saturated and unsaturated soil moisture conditions. Agrochimica. 16. 547-554. 1972.
- [10] KHANNA, P. K.: Inorganic soil phosphate fractions as related to soil test values by common methods. Plant and Soil. 26. 277-284. 1967.
- [11] KURTZ, L. T. & QUIRK, J. P.: Phosphate adsorption and phosphate fractions in field soils of varying histories of phosphate fertilization. Austr. J. Agric. Res. 16. 403-412. 1965.
- [12] MATT, K. J.: Extractable phosphorus related to forms of phosphorus and other soil properties. J. Sci. Food Agric. 23. 1425-1433. 1972.
- [13] MATT, K. J. & GARDNER, E. H.: Forms of phosphorus in a sequence of soils developed on Fraser river alluvium. Canad. J. Soil Sci. 51. 363-369. 1971.
- [14] PATRICK, W. H. & MAHAPATRA, I. C.: Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. Adv. in Agronomy 20. 323-359. 1968.
- [15] RAM DEO & RUHAL, D. S.: Status and availability of P in calcareous soils of Rajasthan. Indian J. Agric. Sci. 42. 316-321. 1972.
- [16] SARKADI, J.: A műtrágyaigény-becslési módszerek alapelvei. Akadémiai Doktori értekezés. Budapest. 1971.
- [17] SRIVASTAVA, O. P. & PATHIK, A. N.: Available phosphorus in relation to forms of phosphate fractions in Uttar Pradesh soils. Geoderma. 5. 287-296. 1971.
- [18] TRIPATHI, B. R., TANDON, H. L. S. & TYNER, E. H.: Native inorganic phosphorus forms and their relation to some chemical indices of phosphate availability for soils of Agra District. India. Soil Sci. 109. 93-101. 1970.
- [19] WERNER, W.: Kennzeichnung des pflanzenverfügbaren Phosphats nach mehrjähriger Düngung mit verschiedenem Phosphaten, Z. Pflernähr. Bdk. 122. 19-32. 1969.
- [20] WERNER, W. & WIECHMANN, H.: Vergleichende Untersuchungen zur Brauchbarkeit der CAL-Methode zur Kennzeichnung des pflanzenverfügbaren Bodenphosphats. Landwirt. Forschung. 24. 285-293. 1971.

- [21] ZUBRISKY, J. C.: Relationships between forma of soil phosphorus, some indexes of phosphorus availability and growth of sudangrass in greenhouse trials. *Agronomy J.* 63. 421—425. 1971.

Érkezett: 1975. december 18.

Investigation on Some Extractants Used for the Evaluation of Available Phosphorus

II. Correlation Between AL-, DL-, CAL-, Bray I-, NaHCO_3 -, $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ -, CaCl_2 - Soluble Phosphorus and the Inorganic Phosphate Fractions

G. FÜLEKY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

It was calculated by means of regression analysis which of the inorganic phosphate fractions are preferred by the extractants.

The available phosphorus determined by some extractants was closely related to the Chang—Jackson inorganic phosphate fractions I and II, namely to the weakly bound phosphates, the easily soluble Ca-phosphates and Al-phosphate. Most probably the effect of previous P fertilizing manifested itself in these two fractions in most soils, and this effect was reflected by the P amounts dissolved in the extractants.

On calcareous soils available P was more closely related to fraction I, on non-calcareous soils to fraction II. The presence of CaCO_3 influences the amount of available phosphorus determined by the extractants of different chemical properties. On the one hand CaCO_3 affects the distribution of inorganic phosphate fractions, on the other hand it reduces the dissolving capacity of certain extractants. Consequently the extractants dissolve different amounts of P from calcareous and non-calcareous soils in most of the cases, but in certain circumstances each extractant is suitable for determining available P. This is proved by the close correlation between the P amounts extracted by different extractants.

Table 1. Correlation between P amounts extracted by conventional extractants and the inorganic phosphate fractions (r values). (1) Extractants. (2) Fractions. Levels of significance: * = 5%; ** = 1%; *** = 0.1%. 1 = non-calcareous soils (n = 14); 2 = calcareous soils (n = 10), 12 = all soils (n = 24).

Table 2. Correlation of the P amounts extracted (r values). (1) Extractant. (2) "doppel-lactate" (DL). (3) Calcium ammonium lactate (CAL). For other signs see Table 1.

Fig. 1. Relationship between the inorganic phosphate fractions (I, II, III and IV) and the AL-soluble P. Horizontal axis: fractions I, II, III, IV, resp. Vertical axis: AL-soluble P. 1 = non-calcareous soils; 2 = calcareous soils; 12 = all soils.

Fig. 2. Relationship between the inorganic phosphate fraction II and the NaHCO_3 -soluble phosphorus. Horizontal axis: fraction II. Vertical axis: NaHCO_3 -soluble P. For other signs see Fig. 1.

Fig. 3. Relationship between the DL- and AL-soluble phosphorus. Horizontal axis: DL-soluble P. Vertical axis: AL-soluble P. For the other signs see Fig. 1.

Fig. 4. Relationship between the NaHCO_3 -soluble and AL-soluble phosphorus. Horizontal axis: NaHCO_3 -soluble P. Vertical axis: AL-soluble P. For the other signs see Fig. 1.

Untersuchung der für die serienmässige Bestimmung des leichtlöslichen P-Gehaltes verwendeten Lösungsmittel

II. Korrelation zwischen dem in AL-, DL-, CAL-, Bray I-, NaHCO_3 -, $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ - und CaCl_2 -löslichen P und den anorganischen Phosphatfraktionen nach Chang-Jackson

G. FÜLEKY

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

Auf indirektem Wege — mittels Korrelationsrechnung — wurde ermittelt, welche anorganischen Phosphatgruppen der Chang-Jackson'schen Fraktionierung durch die einzelnen Extraktionsmittel bevorzugt werden.

Der in den meisten Lösungsmitteln gelöste Phosphor zeigte mit der Menge der I und II Fraktion, d. h. mit der Menge der adsorbierten, bzw. schwach gebundenen Ca-Phosphate und der Al-Phosphate einen engen Zusammenhang. Dies ergab sich offensichtlich daraus, dass der durch die P-Düngung erhöhte P-Vorrat der Böden hauptsächlich in diesen beiden Fraktionen erschien.

Auch der Unterschied zwischen karbonathaltigen und nicht-karbonathaltigen Böden war festzustellen, da auf karbonathaltigen Böden das in den Lösungsmitteln gelöste P in erster Linie mit der Fraktion I, in nicht-karbonathaltigen Böden hingegen mit der Fraktion II in engerem Zusammenhang stand. Der CaCO_3 -Gehalt des Bodens wirkt einesteils indirekt — indem er die Verteilung der anorganischen Phosphatverbindungen des Bodens beeinflusst — anderenteils direkt, durch die Herabsetzung der Lösungsfähigkeit der einzelnen Extrahenten. Daraus folgt, dass sich in den meisten Fällen die Lösungsmittel auf karbonathaltigen Böden anders betragen, als auf nicht-karbonathaltigen. Unter gewissen Umständen hingegen kann jedes Lösungsmittel zur Schätzung der P-Versorgtheit des Bodens geeignet sein. Dies beweisen auch die engen Korrelationen zwischen den durch die verschiedenen Extrahenten gelösten P-Mengen.

Tab. 1. Korrelationen zwischen der Menge des durch die angewendeten Extraktionsmittel gelösten Phosphors und der Menge der anorganischen Phosphatfraktionen (r-Werte). (1) Extrahent. (2) Fraktionen. * = signifikant bei $P = 5\%$, ** = signifikant bei $P = 1\%$, *** = signifikant bei $P = 0,1\%$. 1 = nicht-karbonathaltige Böden ($n = 14$); 2 = karbonathaltige Böden ($n = 10$); 12 = sämtliche Böden ($n = 24$).

Tab. 2. Korrelationen zwischen den in den konventionellen Lösungsmitteln löslichen P-Mengen (r-Werte). (1) Lösungsmittel. (2) Doppellaktat (DL). (3) Kalziumammoniumlaktat (CAL). Weitere Bezeichnungen s. Tab. 1.

Abb. 1. Zusammenhang zwischen den anorganischen Phosphatfraktionen (I–IV) und dem AL-löslichen P. Ordinate: I, II, III, bzw. IV Fraktion. Abszisse: AL-lösliches P. 1 = nicht-karbonathaltige Böden; 2 = karbonathaltige Böden; 12 = sämtliche Böden.

Abb. 2. Zusammenhang zwischen der Fraktion II und dem NaHCO_3 -löslichen P. Ordinate: Fraktion II. Abszisse: in NaHCO_3 lösliches P. (Bezeichnungen s. Abb. 1.).

Abb. 3. Zusammenhang zwischen dem DL- und dem AL-löslichen P. Ordinate: DL-lösliches P. Abszisse: AL-lösliches P. (Bezeichnungen s. Abb. 1.).

Abb. 4. Zusammenhang zwischen dem in 0,5 n NaHCO_3 -löslichen P und dem AL-löslichen P. Ordinate: NaHCO_3 -lösliches P. Abszisse: AL-lösliches P. (Bezeichnungen s. Abb. 1.).

Изучение фосфорорастворяющей способности конвенциональных растворителей, используемых для определения содержания в почве легкорастворимого фосфора

II. Корреляция между фосфором, растворимым в растворителях AL-, DL-CAL-, Брей I-, NaHCO_3 -, $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ -, CaCl_2 -, и фракциями неорганического фосфора

ДЬ. ФЮЛЕКИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии ВАН, Будапешт

Резюме

Косвенным путем, с помощью корреляционных расчетов, изучали какие неорганические фракции фосфора в первую очередь растворяются в отдельных растворителях.

Большей частью фосфор, растворенный в растворителях, находится в тесной зависимости с количеством I и II фракций, т. е. с адсорбированными или слабо связанными Са-фосфатом и AL-фосфатом. Это, по всей вероятности, происходит от того, что у большинства почв влияние от внесения фосфорных минеральных удобрений проявляется в этих двух фракции и количество растворенного фосфора отражает это влияние.

Наблюдали разницы между карбонатными и некарбонатными почвами, поскольку в карбонатных почвах растворенный в растворителях фосфор находится в тесной связи с содержанием I фракции, а в некарбонатных почвах — с содержанием II фракции. Содержание в почве CaCO_3 оказывало, с одной стороны, косвенное воздействие, влияя на распределение в почве неорганических фракций фосфора, с другой стороны, непосредственно снижало растворяющий эффект растворителей. Из этого следует, что в большинстве случаев в карбонатных и некарбонатных почвах растворители ведут себя различно, но в определенных условиях каждый растворитель может быть пригоден для определения обеспеченности почвы фосфором. Это подтверждается и тесной корреляцией между количеством фосфора, растворенного в различных растворителях.

Табл. 1. Корреляция между количеством фосфора, растворенного в конвенциональных растворителях и количеством неорганических фосфатных фракций (величина r). (1) Растворитель. (2) Фракции, $x = 5\%$ -й, $xx = 1\%$ -й, $xxx = 0,1\%$ -й уровень достоверности, 1 = некарбонатные почвы ($n = 14$), 2 = карбонатные почвы ($n = 10$), 12 = все почвы ($n = 24$).

Табл. 2. Корреляция количества фосфора, растворенного в отдельных растворителях (величина r). (1) Растворитель. (2) Двойной лактат (DL). (3) Лактат кальция-аммония (CAL). Обозначения смотри в таблице № 1.

Рис. 1. Связь между неорганическими фосфатными фракциями (I—IV) и AL-растворимым фосфором. По горизонтальной оси: фракции I, II, III и IV. По вертикальной оси: AL-растворимый фосфор. 1: некарбонатные почвы, 2: карбонатные почвы. 12: все почвы.

Рис. 2. Связь между I фракцией и NaHCO_3 растворимым фосфором. По горизонтальной оси: II фракция, по вертикальной оси: NaHCO_3 растворимый фосфор. Обозначения смотри на рисунке 1.

Рис. 3. Связь между DL- и AL-растворимым фосфором. По горизонтальной оси: DL-растворимый фосфор, по вертикальной оси: AL-растворимый фосфор. Обозначения смотри на рисунке № 1.

Рис. 4. Связь между NaHCO_3 - и AL-растворимым фосфором. По горизонтальной оси: NaHCO_3 -растворимый фосфор, по вертикальной оси: AL-растворимый фосфор. Обозначения смотри на рисунке № 1.